



<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01Q 1/12, 1/32</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/25358 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 21. September 1995 (21.09.95)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/00263 (22) Internationales Anmeldedatum: 1. März 1995 (01.03.95) (30) Prioritätsdaten: P 44 08 744.6 15. März 1994 (15.03.94) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FUBA HANS KOLBE & CO [-/DE]; Bodenburger Strasse 25/26, Postfach 1160, D-31158 Bad Salzdetfurth (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LINDENMEIER, Heinz [DE/DE]; Fürstenrieder Strasse 7b, D-82152 Planegg (DE). HOPF, Jochen [DE/DE]; Salmdorfer Strasse 3a, D-85540 Haar (DE). REITER, Leopold [DE/DE]; Ludwig-Thoma-Strasse 9, D-82205 Gilching (DE). KRONBERGER, Rainer [DE/DE]; Rubensstrasse 17, D-85521 Ottobrunn (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>

(54) Title: GROUP ANTENNA AND METHOD FOR DETECTING BY METROLOGY AND CALCULATION THE VALUES OF IMPEDANCES TO BE INSERTED INTO THE ANTENNA

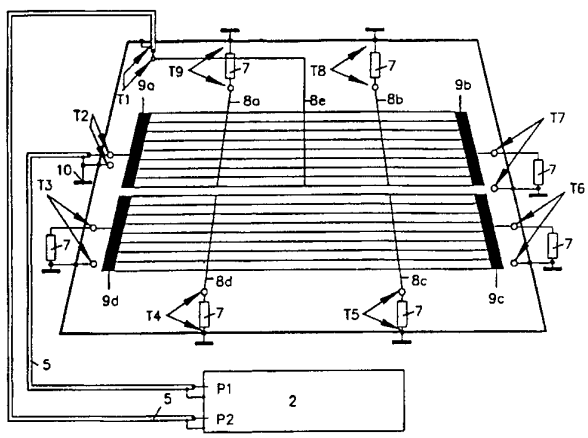
(54) Bezeichnung: GRUPPENANTENNE UND VERFAHREN ZUR MESSTECHNISCHEN UND RECHNERISCHEN ERMITTLUNG DER WERTE VON IN DIE ANTENNE EINZUFÜGENDEN IMPEDANZEN

(57) Abstract

The invention concerns a group antenna for radio links with terrestrial radio locations comprising two or more individual transmitters which are mounted on the outer skin of a motor vehicle and of which at least one is a primary transmitter. A supply system connects the primary transmitter(s) to an antenna connection point. In order to obtain the desired directional diagram, impedances are inserted either into the transmitters at selected points thereof and/or inserted at the connection points between the primary transmitter(s) and the supply system and/or at selected points of the supply system.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Gruppenantenne für Funkverbindungen mit terrestrischen Funkstellen aus zwei oder mehr Einzelstrahlern, die auf der Außenhaut eines Kraftfahrzeuges angebracht sind und von denen mindestens einer ein primärer Strahler ist, mit einem Speisetzwerk, das den oder die primären Strahler mit einer Antennenanschlußstelle verbindet. Zur Erzielung eines gewünschten Richtdiagramms werden Impedanzen entweder an ausgesuchten Stellen der Strahler in diese eingefügt und/oder an den Verbindungsstellen des bzw. der primären Strahler mit dem Speisetzwerk und/oder an ausgesuchten Stellen des Speisetzwerkes eingefügt.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Gruppenantenne und Verfahren zur meßtechnischen und rechnerischen Ermittlung der Werte von in die Antenne einzufügenden Impedanzen

Die Vielzahl der auf Fahrzeugen verwendeten Antennen ist aus der klassischen Antennentechnik abgeleitet. Hauptsächliches Vorbild hierfür ist der vertikale Monopol auf einer horizontalen Grundfläche. Auch bei der 1m-langen Rundfunkantenne wird auf ein Horizontaldiagramm mit Rundcharakteristik abgezielt. Ebenso wird von vertikalen Stabstrahlern für moderne Telefonfunksysteme ein azimutales Runddiagramm erwartet. Bekanntlich stellt jedoch das Fahrzeug einen in Bezug auf die Antenne rotationsunsymmetrischen Körper dar, welcher, als Grundfläche einer Antenne verwendet, starke azimutale Einzüge verursacht. Als wesentliche Abhilfe dagegen werden bevorzugt Halbwellenstrahler verwendet, welche am Ende relativ langer vertikaler Stäbe am Fahrzeug über Isolierglieder oder Einspeiseleitungen angeregt werden. Mit Hilfe des Abstands des Strahlers von der Karosserie soll dessen Strahlung unbeeinflusst vom Störkörper des Autos ein Runddiagramm liefern. Bislang ist kein Verfahren bekannt, mit dessen Hilfe unter Einbeziehung einer spezifischen Fahrzeugkarosserie eine gewünschte Strahlungscharakteristik einer Antenne am Fahrzeug erzeugt werden könnte. Für Antennendiversityempfang z.B. wäre es wünschenswert, Fahrzeugantennen zu realisieren, von denen jede jeweils einen der vier azimutalen Quadranten in der Strahlung abdeckt. Solche Antennen könnten nach dem Stande der Technik nur durch klassische Richtantennen realisiert werden, welche in relativ großem Abstand von der Fahrzeugkarosserie entfernt fachgerecht angebracht sind. Solche Antennen sind jedoch unter fahrzeugspezifischen Aspekten praktisch nicht einsetzbar. Um diesen Aspekten zu genügen, sollten Antennen so gestaltet sein, daß sie in ihrer Form mit dem Fahrzeug integriert sind und so wenig wie möglich aus der Karosserie herausragen. Zwangsweise ergibt sich für solche Antennen oder Antennenstrukturen eine äußerst starke Strahlungsverkopplung mit der elektrisch leitenden Fahrzeugkarosserie bzw. leitenden Fahrzeugteilen derart, daß die dadurch gegebene Beeinflussung der Strahlungseigenschaften eine gezielte Gestaltung der Antenneneigenschaften nicht zuläßt. Wesentlich ist es somit, die Fahrzeugkarosserie gedanklich als Teil der Antennenanordnung zu betrachten und somit berücksichtigt, daß diese mit ihrer spezifischen Formgebung die Antenneneigenschaften entscheidend mitbestimmt. Für alle fahrzeugintegrierten Antennen oder

Antennenstrukturen ist es deshalb für die Erzielung optimaler Strahlungseigenschaften zwingend notwendig, die spezifische Fahrzeugform in den Gestaltungsprozeß der Antenne einzubeziehen. Fahrzeugintegrierte Antennen mit starker Kopplung zur Fahrzeugkarosserie sind z.B. elektrisch kurze Strahler, welche direkt auf der Fahrzeugkarosserie, häufig auf dem Rückfenster montiert sind. Alle Windschutz- und Heckscheibenantennen, welche als eingelegte Drähte oder auf das Glas aufgedruckt sind, weisen diese starke elektromagnetische Verkopplung zur Fahrzeugkarosserie auf. Die Gestaltung solcher Antennen ist aus einer Vielzahl von Patentanmeldungen und Patenten, z. B. aus P 36 197 04, P 39 14 424 bekannt. Diese Antennen bestehen aufgrund ihrer komplexen Form oft aus einer Vielzahl von Leitern oder Leiterabschnitten, welche alle einen Beitrag zur Gesamtstrahlung liefern. Auch die Beschaltung eines Heizfeldes auf der Heckscheibe mit Blindwiderständen verändert die Strahlungseigenschaften des als Antenne ausgebildeten Heizfeldes. Dies ist in P 36 18 452 beschrieben. Wesentlich für die Gestaltung der Strahlungseigenschaften derartiger Antennen ist die Verteilung der Antennenströme auf den Antennenleitern sowie der strahlungsverkoppelten Autokarosserie. Im Gegensatz zu solchen Antennen, bei denen mit Hilfe des Abstands des Strahlers von der Karosserie eine vom Störkörper des Autos unbeeinflusste Strahlung erzielt werden soll, ist somit ein Verfahren zur Einstellung günstiger Stromverteilungen notwendig, um bei fahrzeugintegrierten Antennen unter Einbeziehung der spezifischen Fahrzeugform ein günstiges Strahlungsdiagramm zu bewirken. Bei der Serienherstellung von Kraftfahrzeugen wird die Fahrzeugform von Exemplar zu Exemplar genau reproduziert. Deshalb ist eine im Hinblick auf eine bestimmte Fahrzeugform sorgfältig optimierte Antennenanordnung möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Gruppenantenne nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Ermittlung in diese einzufügenden Impedanzen anzugeben, damit trotz vorhandener Strahlungsverkopplung mit das gewünschte Richtdiagramm störenden Elementen das gewünschte Richtdiagramm sich möglichst optimal einstellen läßt.

Diese Aufgabe wird durch den kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen Fig. 1 bis Fig. 6 näher beschrieben. Im

einzelnen zeigen die Figuren:

Fig. 1: Fahrzeugintegrierte Antennengruppe mit kurzen Stabantennen mit Meßanordnung zur Feststellung der Wechselwirkungsparameter (Wellenparameter) zwischen den Toren T_1 und $T(M + 1)$ der Fernfeldempfangsantenne in Abhängigkeit vom Azimutwinkel Φ des auf einem Drehstand befindlichen Fahrzeugs

Fig. 2: Meßanordnung zur Feststellung der Wechselwirkungsparameter (Wellenparameter) zwischen den Toren T_1 und T_2 mit Hilfe eines Netzwerkanalysators (S -Parameter-Meßplatz) - alle anderen Tore T_3 bis T_9 sind wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen

Fig. 3: Beispiel einer Funkantenne mit netzförmigem elektrischen Gegengewicht 12, welches zur Gestaltung der Richtwirkung über die Tore T_1 bis T_5 mit zu ermittelnden Blindwiderständen mit den benachbarten Heizleitern verbunden werden soll

Fig. 4: Beispiel einer Funkantenne mit netzförmigem elektrischen Gegengewicht, welches zur Gestaltung der Richtwirkung über die Tore T_1 bis T_5 mit zu ermittelnden Blindwiderständen mit kapazitiv belasteten Antennenstrukturen 19 verbunden werden soll

Fig. 5: Eine mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens gestaltete Antennengruppe, bei der die Blindelemente 16 in den Strahlern 6 und das Speisennetzwerk 17 zur Speisung der Tore T_1 und T_2 derart gestaltet sind, daß sich die gewünschten Strahlungseigenschaften einstellen

Fig. 6: Prinzipdarstellung des Strahlernetzwerks 18 bestehend aus 1 bis N mit Hilfe eines Speisennetzwerks 17 gespeisten Toren, mit $N + 1$ bis M mit passiven Elementen 20 beschalteten Toren und dem Tor $M + 1$ für die im Fernfeld befindliche Meßantenne, wobei das verlustarme Speisennetzwerk 17 mit seinen Toren 1 bis N mit den entsprechenden Toren des Strahlernetzwerks 18 verbunden ist und das Tor $N + 1$ des Speisennetzwerks 17 die Antennenanschlußstelle der Antennengruppe bildet

Die Verwendung mehrerer Antennenelemente wie z.B. in Fig. 1 erlaubt bei vorgegebe-

ner geeigneter Positionierung auf einem bestimmten Kraftfahrzeug eine hierfür spezifische Erzeugung von Stromverteilungen auf den Antennenelementen der Strahlergruppe nach Betrag und Phase derart, daß unter Einbeziehung der Strahlungsverkopplung mit dieser Fahrzeugkarosserie

- im Mittel eine erhöhte Bündelung der Strahlung in vertikaler Richtung zu Gunsten kleiner Elevationswinkel entsteht und

- dabei möglichst geringe Einzüge des horizontalen Strahlungsdiagramms auftreten,

wodurch bewirkt wird, daß die geringste, im gesamten Horizontalbereich auftretende Flachstrahlungsdichte so groß wie möglich ist.

Eine ähnliche Anordnung von Strahlern ist z.B. in Fig. 5 dargestellt. Dort soll mit Hilfe des Speisernetzwerks 17 an den Toren $T1$ und $T2$ für eine Funkantenne nach Amplitude und Phase die hochfrequente Leistung eingespeist werden. In Verbindung mit den Blindelementen 16 an den Toren $T3$ und $T4$ soll das azimutale Diagramm optimiert werden.

Durch die nach der Erfindung getroffenen Maßnahmen wird die an sich unerwünschte Abstrahlung der durch Strahlungskopplung angeregten Fahrzeugkarosserie nicht unterbunden. Durch geeignete Stromverteilungen auf den Antennenelementen der Strahlergruppe nach Betrag und Phase wird vielmehr durch die Vielzahl der Strahler ein Wellenfeld überlagert, welches in der Summe Strahlungseigenschaften gemäß der Aufgabe der Erfindung ergibt. Hierbei wurde z.B. die Antennengruppe durch Unterteilung einer Antennenstruktur und durch Beschreibung der Unterteilungsstellen als Tore gebildet.

Auch die Anschlußstellen für Blindwiderstände für Antennen wie sie in der P 36 18 452 angegeben sind, können somit als solche Tore einer Antennengruppe beschrieben werden. Bei Einsatz kurzer elektrischer Strahler einer Strahlergruppe auf der Fahrzeugkarosserie z.B. können die Anschlußpunkte im Fußpunkt jeweils als Tor aufgefaßt werden. Zusätzlich können in der Struktur solcher Strahler weitere Tore eingebracht sein. Je nach Beschal-

tung dieser Tore mit Blindwiderständen oder abhängig von der Speisung dieser Tore nach Amplitude und Phase stellen sich unterschiedliche Stromverteilungen und somit unterschiedliche Strahlungseigenschaften ein.

Die Anforderungen an das Strahlungsdiagramm können dabei unterschiedlich sein. Mit Hilfe des im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Verfahrens läßt sich eine Antennengruppe z. B. im Hinblick auf eine optimale azimutale Rundcharakteristik bzw. z. B. im Hinblick auf eine optimale Richtwirkung bezüglich eines bestimmten Azimutwinkels zum Fahrzeug gestalten.

Z. B. wird für Kraftfahrzeugfunkantennen als Strahlungscharakteristik ein Horizontaldiagramm mit einer möglichst gleichmäßigen Abstrahlung in alle azimutale Raumrichtungen angestrebt. Dies wird in der Praxis deshalb nur durch rotationssymmetrische Antennenelemente in der Mitte des Daches angenähert erreicht. Mit außermittig angebrachten Antennen oder mit den auf die Fahrzeugscheibe aufgeklebten Antennen ergeben sich durch die Strahlungsverkopplung mit der Fahrzeugkarosserie unerwünschte und teilweise nicht mehr tolerierbare Verformungen des Horizontaldiagramms, das sind insbesondere Strahlungskompensationen, welche starke Einzüge im Horizontaldiagramm bewirken. Hierbei wird in der Regel speziell die Abstrahlung im Raumwinkelbereich nach vorne unzulässig reduziert. Außerdem tritt mit höher werdender Frequenz eine ausgeprägte Aufzupfelung des Diagramms ein. Dies führt insbesondere in den Minima der Horizontalstrahlung bei vorgegebener Strahlungsleistung im Sendebetrieb häufig zu unerwünscht kleinen Strahlungsdichten am Empfangsort, d.h. zu unerwünscht großer Funkfelddämpfung. Für die Praxis ist bei Funkantennen wichtig, daß bei vorgegebener Senderleistung in keiner Horizontalrichtung die Strahlungsdichte unter einen minimal geforderten Wert absinkt.

Als Anwendungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren zeigt Fig. 2 eine Antenne in der Heckscheibe eines Fahrzeugs mit Anschlußtoren T_1 bis T_9 . Einige dieser Tore (T_2 , T_3 , T_6 und T_7) sind entweder zwischen Sammelschienen 9a bis 9d der Heizleiter und Masse 10 gebildet. Andere Tore (T_4 , T_5 , T_8 und T_9) entstehen durch zusätzliche Leiter 8a bis 8d, welche senkrecht zu den Heizleitern verlegt sind, zwischen deren Enden am Rand der Fahrzeugscheibe und dem jeweiligen Massepunkt 10. Jedes Tor besitzt

bezüglich der Strahlungscharakteristik ein Richtdiagramm, welches von der Beschaltung aller übrigen Tore abhängt. Sollen z. B. bezüglich des Tores 1 unterschiedliche Richtdiagramme durch unterschiedliche Beschaltung der Tore 2 bis 9 erreicht werden, wie es für eine Diversitywirkung im Empfangsfall wünschenswert ist, so können die dafür notwendigen unterschiedlichen Beschaltungen für die Tore 2 bis 9 mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Berücksichtigung der Fahrzeugkarosserie ermittelt und gestaltet werden. Die Diversitywirkung wird z. B. dadurch erreicht, daß bei ungenügendem Empfang jeweils die Tore 2 bis 9 mit unterschiedlichen Kombinationen von Blindelementen beschaltet werden. Für diese Anwendung ist es besonders wichtig, die Horizontalstrahlung zu intensivieren und die Strahlung in höheren Elevationswinkeln entsprechend klein zu halten. Azimutale Bündelung ist dann vorteilhaft, wenn mit Hilfe der unterschiedlichen Beschaltungskombinationen der gesamte Azimut überdeckt werden kann. Die Tore T_1 und T_2 sind in Fig. 2 beispielhaft über die Zuleitungen 5 mit dem Netzwerkanalysator 2 verbunden zur Messung des komplexen Wellenparameters S_{12} , wobei die restlichen Tore wellenwiderstandrichtig mit dem Wellenwiderstand 7 als Bezugswiderstand des Netzwerkanalysators 2 beschaltet sind. Selbstverständlich können für Antennendiversity mehrere Antennenanschlüsse gebildet sein und durch zusätzliche Wertekombinationen an den verbleibenden Toren eine zusätzliche Vielfalt von Antennenrichtcharakteristiken für die Diversityanlage zur Verfügung gestellt werden.

Eine weitere vorteilhafte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Ausbildung von Toren zur Gestaltung der Stromverteilung mittels eines netzförmigen elektrischen Gegengewichts 12. Beispielhaft geht dies aus Fig. 3 hervor, wo das netzförmige elektrische Gegengewicht 12 zum Strahler 6 mit Hilfe von Toren T_1 bis T_5 durch Blindwiderstandsbeschaltung verbunden werden kann, so daß die Heizleiter 14 auf bestmögliche Weise zur Unterstützung der Strahlungseigenschaften der elektrisch kurzen Strahler, bzw. Strahlergruppe miteinbezogen werden können. Zur Messung der Wechselwirkungsparameter (S -Parameter) mit Hilfe des Netzwerkanalysators 2 können dünne elektrische Leitungen entlang der radialen Netzstrahlen, die mit der Masse 10 verbunden sind, verlegt werden.

Eine weitere vorteilhafte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der

vorteilhaften Gestaltung der radialen Ströme am Rande des netzförmigen elektrischen Gegengewichts. Hierzu können z.B. nach Fig. 4 kapazitiv belastete Antennenstrukturen 19 über Tore T_1 bis T_5 mit dem Netzwerkrand über geeignete Blindelemente verbunden werden derart, sodaß die kapazitiv belasteten Antennenstrukturen 19 auf bestmögliche Weise zur Unterstützung der Strahlungseigenschaften der elektrisch kurzen Strahler 6 bzw. der Strahlergruppe miteinbezogen werden können.

Fig. 6 zeigt das Prinzipschaltbild einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gestalteten Antenne, welche durch das Strahlernetzwerk 18 in Verbindung mit dem Speisernetzwerk 17 gebildet ist. Das Strahlernetzwerk 18 mit seinen Toren 1 bis N wird von den entsprechenden Toren 1 bis N des Speisernetzwerks 17 gespeist. Die Tore $N+1$ bis M des Strahlernetzwerks 18 sind mit geeigneten Zweipolen abgeschlossen, wobei die Abschlüsse durch die komplexen Reflexionsfaktoren r_{N+1} bis r_M , bezogen auf den Wellenwiderstand Z des Meßsystems, beschrieben sind. Für die Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es am einfachsten, die Antenne im Fernfeld als Empfangsantenne zu verwenden, welche der Einfachheit halber mit dem Wellenwiderstand Z abgeschlossen ist, so daß das passive Speisernetzwerk 17 an der Antennenanschlußstelle am Tor $N+1$ die Sendeleistung aufnimmt und das Speisernetzwerk 17 diese Leistung auf die Tore 1 bis N geeignet verteilt. Das Strahlernetzwerk 18 ist in Fig. 5 symbolisch durch Umrandung dargestellt. Das Strahlernetzwerk 18 sei zunächst als passives Netzwerk ausgebildet, so daß Reziprozität ($S_{ik} = S_{ki}$) vorliegt. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens werden das Netzwerk und die Abschlußimpedanzen 20 rechnerisch im Hinblick auf die Leistung und deren Richtungsabhängigkeit in der Empfangsantenne optimal gestaltet. Das Verfahren wird im folgenden erläutert:

Dem Fachmann ist bekannt, daß durch Einstellung günstiger Amplituden- und Phasenwerte für die Anregung der Antennenelemente in Gruppenantennen Richtdiagramme gestaltet werden können. Die Aufgabe zur Gestaltung günstiger Amplituden- und Phasenwerte ist von der Fachwelt in der Vergangenheit häufig durch Vorgabe einer Anfangseinstellung dieser Werte erfolgt, welche mit Hilfe von Messungen der Richtdiagramme sukzessive empirisch schrittweise im Sinne der Entwicklung des gewünschten Richtdiagramms verändert wurden. Mit der Verfügbarkeit moderner Rechenanlagen als Hilfsmittel zur

Entwicklung von Gruppenantennen kann die erfindungsgemäße Antenne vorteilhaft nach dem im folgenden beschriebenen kombinierten Meß- und Rechenverfahren im Sinne der Lösung der Aufgabe der Erfindung mit günstigen Amplituden- und Phasenwerten für die Anregung der Antennenelemente gestaltet werden. Hierzu wird in drei Schritten vorgegangen:

1. Meßtechnische Ermittlung der durch die Anschlußstore der Antennenelemente gebildeten komplexen Gesamtmatrix.

Betrachtet man die Anschlußstelle eines Antennenelements 6 nach Fig. 5, dessen Prinzip in Fig. 6 in allgemeiner Form dargestellt ist, welches mit dem Speisetzwerk 17 an ausgesuchten Stellen zu verbinden ist, jeweils als ein Anschlußtor $T1$, wie dies die Lehre der linearen Mehrstore nahelegt und bezeichnet man auch eine Anschlußstelle eines weiteren Antennenelements 6 mit dem Tor $T2$, so kann das elektrische Verhalten der unbeschalteten und nicht mit dem Speisetzwerk 17 verbundenen Antennenelemente 6 bei insgesamt N Anschlußstellen durch eine $N \times N$ -Mehrstorematrix beschrieben werden. Erfindungsgemäß kann die Gruppenantenne nach Fig. 5 auch Antennenelemente 6 mit einer Anschlußstelle enthalten, welche nur mit einem Zweipol belastet wird und welche mit dem Speisetzwerk 17 nicht verbunden ist. Bezeichnet man eine derartige ausgesuchte Anschlußstelle ebenfalls als ein Anschlußtor (sh. Fig. 5), so kann die Mehrstorematrix auf $M \times M$ -Tore mit $M > N$ und M, N ganzzahlig erweitert werden. Der leichten Beschreibbarkeit wegen sollen solche Anschlußstore, welche mit dem Speisetzwerk 17 verbunden sind mit den ganzzahligen Nummern $1 \dots N$ bezeichnet sein, die mit Zweipolen beschalteten Tore mit den ganzen Zahlen $(N + 1) \dots M$.

Um das Richtdiagramm erfassen zu können, wird beispielhaft die Antennenanschlußstelle einer vom Fahrzeug weit ab montierten Meßantenne in allgemeiner Form mit Tor $M + 1$ bezeichnet. Zur Ermittlung der vom Raumwinkel abhängigen Strahlung, welche für einen niedrigen Elevationswinkel in Abhängigkeit vom Azimutwinkel φ ermittelt werden soll, kann das Fahrzeug z.B. auf eine Drehscheibe gestellt werden. Wie oben geschildert, können somit für die gewünschten Stützstellen des Azimutwinkels φ die Wellenparameter $S_{i(M+1)}(\varphi)$ für $i = 1 \dots M$ gemessen werden. Beispielhaft wird hier zur Erläuterung der Vorgehensweise die Form der Wellenparametermatrix gewählt. Mit Hilfe eines Netz-

werkanalysators werden die komplexen Wellenparameter $\underline{S}_{11}, \underline{S}_{12}, \dots, \underline{S}_{NN}$ bezüglich der Anschlußstore der auf der geneigten Fensterscheibe nach Fig. 5 angebrachten Antennenelemente meßtechnisch ermittelt. Hierzu wird bei der Messung der Wellenparameter \underline{S}_{ik} als das Verhältnis der von dem mit dem Wellenwiderstand Z_0 als Bezugswiderstand der Wellenparameter abgeschlossenen Anschlußtor k weglaufernden Welle \underline{B}_k (rücklaufende Wellen) zu der zum Anschlußtor i hinlaufenden Welle ermittelt. Daraus kann das bekannte Gleichungssystem für hinlaufende Wellen \underline{A} und rücklaufende Wellen \underline{B} an den Anschlußstoren $1 \dots N$ angegeben werden. Somit ergibt sich für jeden Azimutwinkel $\varphi (= \varphi)$ folgendes Gleichungssystem, welches die einzelnen Richtdiagramme nach Betrag und Phase enthält:

$$(\underline{B}) = (\underline{S}) \cdot (\underline{A})$$

Das vollständige Gleichungssystem ist in Gl. 2 dargestellt. Existieren nur primäre, d. h. gespeiste Strahler, so ist $M = N$ und die Matrix ändert sich sinngemäß. Dieses Gleichungssystem beschreibt somit das Gesamtverhalten der Gruppenantenne, wobei das Fahrzeug mit seiner die Strahlung sehr stark beeinflussenden Wirkung als Teil der Gruppenantenne vollständig enthalten ist.

Die Matrixelemente werden mit einer Anordnung gemessen, wie sie z.B. in Fig. 2 dargestellt ist. Wird eine Welle am Tor 1 eingeprägt, so entsteht z. B. am Tor 2 eine auslaufende Welle, die im Netzwerkanalysator 2 am Port P_2 gemessen wird. Der Netzwerkanalysator erlaubt es unter Eineichung der Zuleitungen 5, die S -Parameter zwischen den beiden Toren T_1 und T_2 unmittelbar zu messen und als Daten in einem angeschlossenen Rechner abzuspeichern. Auf diese Weise kann die Wechselwirkung sämtlicher Tore zueinander nacheinander festgestellt werden, wenn jeweils alle nicht an den Netzwerkanalysator angeschlossenen Tore wellenwiderstandsrichtig beschaltet sind. Damit lassen sich alle Wechselwirkungsparameter sämtlicher Tore 1 bis M feststellen. Für den Fall passiver also nicht mit Verstärkerelementen beschalteter Tore ist die gesamte Anordnung reziprok und es gilt $\underline{S}_{ik} = \underline{S}_{ki}$. Der Einfluß des i -ten Tores auf sich selbst, ist durch den Eingangsreflexionsfaktor am i -ten Tor gegeben und wird als Impedanzmessung durchgeführt. Somit sind alle Parameter der Tore auf dem Fahrzeug bestimmt.

$$\begin{pmatrix} \underline{B}_1 \\ \underline{B}_2 \\ \underline{B}_3 \\ \vdots \\ \underline{B}_N \\ \underline{B}_{N+1} \\ \underline{B}_{N+2} \\ \vdots \\ \underline{B}_M \\ \underline{B}_{M+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{S}_{11} & \underline{S}_{12} & \underline{S}_{13} & \dots & \underline{S}_{1N} & \underline{S}_{1(N+1)} & \underline{S}_{1(N+2)} & \dots & \underline{S}_{1M} & \underline{S}_{1(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{21} & \underline{S}_{22} & \underline{S}_{23} & \dots & \underline{S}_{2N} & \underline{S}_{2(N+1)} & \underline{S}_{2(N+2)} & \dots & \underline{S}_{2M} & \underline{S}_{2(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{31} & \underline{S}_{32} & \underline{S}_{33} & \dots & \underline{S}_{3N} & \underline{S}_{3(N+1)} & \underline{S}_{3(N+2)} & \dots & \underline{S}_{3M} & \underline{S}_{3(M+1)}(\varphi) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \underline{S}_{N1} & \underline{S}_{N2} & \underline{S}_{N3} & \dots & \underline{S}_{NN} & \underline{S}_{N(N+1)} & \underline{S}_{N(N+2)} & \dots & \underline{S}_{NM} & \underline{S}_{N(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{(N+1)1} & \underline{S}_{(N+1)2} & \underline{S}_{(N+1)3} & \dots & \underline{S}_{(N+1)N} & \underline{S}_{(N+1)(N+1)} & \underline{S}_{(N+1)(N+2)} & \dots & \underline{S}_{(N+1)M} & \underline{S}_{(N+1)(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{(N+2)1} & \underline{S}_{(N+2)2} & \underline{S}_{(N+2)3} & \dots & \underline{S}_{(N+2)N} & \underline{S}_{(N+2)(N+1)} & \underline{S}_{(N+2)(N+2)} & \dots & \underline{S}_{(N+2)M} & \underline{S}_{(N+2)(M+1)}(\varphi) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \underline{S}_{M1} & \underline{S}_{M2} & \underline{S}_{M3} & \dots & \underline{S}_{MN} & \underline{S}_{M(N+1)} & \underline{S}_{M(N+2)} & \dots & \underline{S}_{MM} & \underline{S}_{M(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{(M+1)1}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)2}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)3}(\varphi) & \dots & \underline{S}_{(M+1)N}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)(N+1)}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)(N+2)}(\varphi) & \dots & \underline{S}_{(M+1)M}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)(M+1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{A}_1 \\ \underline{A}_2 \\ \underline{A}_3 \\ \vdots \\ \underline{A}_N \\ \underline{A}_{N+1} \\ \underline{A}_{N+2} \\ \vdots \\ \underline{A}_M \\ \underline{A}_{M+1} \end{pmatrix}$$

(1)

Tab. 1

Für die Erfassung der Richtungsabhängigkeit der Empfangsspannungen an den Toren 1 bis M wird eine Meßanordnung wie in Fig. 1 vorgeschlagen. Hierbei wird der Netzwerkanalysator mit seinem Sendeport $P1$ z.B. an eine im Fernfeld gelegene Sendeantenne angeschlossen, die mit der zu betrachtenden Polarisationsrichtung unter einem bestimmten Azimutwinkel das Fahrzeug bestrahlt. Der Empfangsport $P2$ des Netzwerkanalysators wird nun der Reihe nach an alle Tore der zu untersuchenden Antennenstruktur auf dem Fahrzeug angeschlossen und die komplexen Wechselwirkungsparameter als das Verhältnis von am Empfangstor empfangener Welle zur von der Sendeantenne ausgestrahlten Welle gemessen und der Parameter $\underline{S}_{i(M+1)}$ in den Rechnerspeicher eingelesen. Gleichzeitig sind alle anderen nicht betrachteten Tore der Antennenstruktur auf dem Fahrzeug wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen. Um die Richtungsabhängigkeit der empfangenen Wellen an den einzelnen Toren zu ermitteln, wird das Fahrzeug zweckmäßiger Weise auf einem Drehstand im Azimut gedreht und die Azimutwinkel während der Drehung schrittweise mit Hilfe eines elektrischen Winkelgebers in den Rechner, den entsprechenden S -Parameter-Meßwerten zugeordnet, eingelesen. Auf diese Weise enthält man für jeden Azimutwinkel ϕ einen Parametersatz $\underline{S}_{(M+1)1} \dots \underline{S}_{(M+1)M}$, welcher die Matrix (\underline{S}) in Gleichung 1 vervollständigt. Der Parameter $\underline{S}_{(M+1)(M+1)}$ repräsentiert lediglich den Anpassungsfaktor der Sendeantenne und kann in den folgenden Betrachtungen zu Null gesetzt werden. Ebenso wird angenommen, daß die Antenne im Fernfeld wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen ist. Diese Bedingungen sind zwar für die Anwendung der Methode nicht zwingend notwendig, erleichtern jedoch die Erläuterung der Wirkungsweise des Verfahrens.

2. Ermittlung der Ansteuerung und Beschaltung des Strahlernetzwerks

2.1 Gewinnfunktion

Wird nun die Meßantenne gedanklich als Empfangsantenne aufgefaßt, so ergibt sich an ihrer Antennenanschlußstelle, also am Tor $M+1$, repräsentativ für die Strahlungsdichte der betreffenden Polarisationsebene die Leistung $P_{M+1}(\varphi)$ am Abschlußwiderstand, der der Einfachheit halber gleich dem Bezugswiderstand des Meßsystems gewählt ist ($r_{M+1} = 0$) (s. Fig. 6). Die an allen gespeisten Toren des Strahlernetzwerks zugeführte Leistung wird mit P_{Ant} bezeichnet. Das Richtdiagramm und die Strahlungsintensität wird in Abhängigkeit vom Azimutwinkel repräsentativ durch folgende Gewinnfunktion

$$\frac{P_{M+1}}{P_{Ant}} = G(\varphi, \underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_M, \underline{\Gamma}_{N+1}, \dots, \underline{\Gamma}_M) \quad (2)$$

ausgedrückt. Für jeden Azimutwinkel wird $G(\varphi, \underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_N, \underline{\Gamma}_{N+1}, \dots, \underline{\Gamma}_M)$ für einen bestimmten Satz von hinlaufenden Wellen $\underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_N$ und einen bestimmten Satz von Reflexionsfaktoren $\underline{\Gamma}_{N+1}, \dots, \underline{\Gamma}_M$ maximal. Die Gewinnfunktion kann durch Variationsrechnung im Hinblick auf Vorgaben bezüglich des Richtdiagramms jeweils optimiert werden. Als Ergebnis der Variationsrechnung ergibt sich für den spezifischen Anwendungsfall ein Satz optimaler hinlaufender Wellen $\underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_N$ und ein bestimmter Satz von Reflexionsfaktoren $\underline{\Gamma}_{N+1}, \dots, \underline{\Gamma}_M$.

2.2 Berechnung der Gewinnfunktion

Die Hauptmatrix (\underline{S}) läßt sich in vier Untermatrizen unterteilen. Matrix (\underline{S}_I) beschreibt die Wechselwirkung zwischen den Toren 1 bis N untereinander in Form komplexer Streuparameter. Das Verfahren verfolgt das Ziel, bei Einspeisung einer gewissen Leistung über alle an das Speisetzwerk anzuschließenden Tore bezüglich der Strahlungsdichte in einem bestimmten Abstand im Fernfeld gewünschte Richteigenschaften zu erzeugen, wodurch meist die Strahlungsdichte am Empfangsort unter bestimmten Bedingungen maximiert werden soll. Die Matrix in Gleichung 1 erlaubt nun bei Einspeisung bekannter vorgegebener hinlaufender Wellen $\underline{A}_1 \dots \underline{A}_M$ sämtliche an diesen Toren zurücklaufenden Wellen \underline{B}_1 bis \underline{B}_M zu ermitteln. Durch wellenwiderstandsrichtigen Abschluß der Empfangsantenne im Fernfeld wird die auf deren Tor $M + 1$ zulaufende Welle zu Null erzwungen. Die aus diesem Tor austretende Welle \underline{B}_{M+1} läßt sich somit mit Hilfe dieses Gleichungssystems in Abhängigkeit der zunächst unbekanntenen Wellen \underline{A}_1 bis \underline{A}_M ausdrücken. Zu diesem Zweck unterteilt man die Gesamtmatrix (\underline{S}) in vier Teilmatrixen, die mit (\underline{S}_I), (\underline{S}_{II}), (\underline{S}_{III}) und (\underline{S}_{IV}) bezeichnet werden.

$$(\underline{S}_I) = \begin{pmatrix} \underline{S}_{11} & \underline{S}_{12} & \underline{S}_{13} & \cdots & \underline{S}_{1N} \\ \underline{S}_{21} & \underline{S}_{22} & \underline{S}_{23} & \cdots & \underline{S}_{2N} \\ \underline{S}_{31} & \underline{S}_{32} & \underline{S}_{33} & \cdots & \underline{S}_{3N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \underline{S}_{N1} & \underline{S}_{N2} & \underline{S}_{N3} & \cdots & \underline{S}_{NN} \end{pmatrix} \quad (3a)$$

$$(\underline{S}_{II}) = \begin{pmatrix} \underline{S}_{1(N+1)} & \underline{S}_{1(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{1M} & \underline{S}_{1(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{2(N+1)} & \underline{S}_{2(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{2M} & \underline{S}_{2(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{3(N+1)} & \underline{S}_{3(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{3M} & \underline{S}_{3(M+1)}(\varphi) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \underline{S}_{N(N+1)} & \underline{S}_{N(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{NM} & \underline{S}_{N(M+1)}(\varphi) \end{pmatrix} \quad (3b)$$

$$(\underline{S}_{III}) = \begin{pmatrix} \underline{S}_{(N+1)1} & \underline{S}_{(N+1)2} & \underline{S}_{(N+1)3} & \cdots & \underline{S}_{(N+1)N} \\ \underline{S}_{(N+2)1} & \underline{S}_{(N+2)2} & \underline{S}_{(N+2)3} & \cdots & \underline{S}_{(N+2)N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \underline{S}_{M1} & \underline{S}_{M2} & \underline{S}_{M3} & \cdots & \underline{S}_{MN} \\ \underline{S}_{(M+1)1}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)2}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)3}(\varphi) & \cdots & \underline{S}_{(M+1)N}(\varphi) \end{pmatrix} \quad (3c)$$

$$(\underline{S}_{IV}) = \begin{pmatrix} \underline{S}_{(N+1)(N+1)} & \underline{S}_{(N+1)(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{(N+1)M} & \underline{S}_{(N+1)(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{(N+2)(N+1)} & \underline{S}_{(N+2)(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{(N+2)M} & \underline{S}_{(N+2)(M+1)}(\varphi) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \underline{S}_{M(N+1)} & \underline{S}_{M(N+2)} & \cdots & \underline{S}_{MM} & \underline{S}_{M(M+1)}(\varphi) \\ \underline{S}_{(M+1)(N+1)}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)(N+2)}(\varphi) & \cdots & \underline{S}_{(M+1)M}(\varphi) & \underline{S}_{(M+1)(M+1)} \end{pmatrix} \quad (3d)$$

Unterteilt man ferner die Spaltenvektoren der hinlaufenden Wellen \underline{A}_1 bis \underline{A}_{M+1} in zwei Spaltenvektoren

$$(\underline{A}_I) = \begin{pmatrix} \underline{A}_1 \\ \underline{A}_2 \\ \underline{A}_3 \\ \vdots \\ \underline{A}_N \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad (\underline{A}_{II}) = \begin{pmatrix} \underline{A}_{N+1} \\ \underline{A}_{N+2} \\ \vdots \\ \underline{A}_M \\ \underline{A}_{M+1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

wobei $\underline{A}_1 \dots \underline{A}_N$ die Wellen an den mit dem Speisetzwerk zu verbindenden Toren beschreiben und $\underline{A}_{N+1} \dots \underline{A}_M$ die Wellen an den mit Blindelementen zu beschaltenden Toren beschreiben. Eine sinngemäße Unterteilung erfolgt zweckmäßiger Weise für die Spalten-

vektoren der rücklaufenden Wellen \underline{B}_1 bis \underline{B}_{M+1} :

$$(\underline{B}_I) = \begin{pmatrix} \underline{B}_1 \\ \underline{B}_2 \\ \underline{B}_3 \\ \vdots \\ \underline{B}_N \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad (\underline{B}_{II}) = \begin{pmatrix} \underline{B}_{N+1} \\ \underline{B}_{N+2} \\ \vdots \\ \underline{B}_M \\ \underline{B}_{M+1} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Der Abschluß der beschalteten Tore (s. Fig. 6) wird durch die Reflexionsfaktoren $r_{N+1} \dots r_M$, deren Beträge im Falle der Blindwiderstandsbeschaltung den Wert eins besitzen, durch folgende Matrix beschrieben:

$$(r) = \begin{pmatrix} r_{N+1} & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & r_{N+2} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_M & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & r_{M+1} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Drückt man die Wellen \underline{A} durch die Wellen \underline{B} und die Reflexionsfaktoren aus, so gilt folgende Matrixgleichung:

$$(\underline{A}_{II}) = (r) \cdot (\underline{B}_{II}) \quad (7)$$

Damit ergeben sich für die Vektoren der Wellen \underline{B} folgende Matrixgleichungen:

$$(\underline{B}_I) = (\underline{S}_I) \cdot (\underline{A}_I) + (\underline{S}_{II}) \cdot (\underline{A}_{II}) = (\underline{S}_I) \cdot (\underline{A}_I) + (\underline{S}_{II}) \cdot (r) \cdot (\underline{B}_{II}) \quad (8)$$

$$(\underline{B}_{II}) = (\underline{S}_{III}) \cdot (\underline{A}_I) + (\underline{S}_{IV}) \cdot (\underline{A}_{II}) = (\underline{S}_{III}) \cdot (\underline{A}_I) + (\underline{S}_{IV}) \cdot (r) \cdot (\underline{B}_{II}) \quad (9)$$

Nunmehr können die Vektoren der Wellen \underline{B} aus den hinlaufenden Wellen \underline{A} der mit dem Netzwerk verbundenen Toren ermittelt werden:

$$(\underline{B}_I) = [(\underline{S}_I) + (\underline{S}_{II}) \cdot (r) \cdot [(1) - (\underline{S}_{IV}) \cdot (r)]^{-1} \cdot (\underline{S}_{III})] \cdot (\underline{A}_I) \quad (10)$$

$$(\underline{B}_{II}) = [(1) - (\underline{S}_{IV}) \cdot (r)]^{-1} \cdot (\underline{S}_{III}) \cdot (\underline{A}_I) \quad (11)$$

mit den abgekürzten Matrizen (\underline{T}) und (\underline{U})

$$(\underline{T}) = (\underline{S}_I) + (\underline{S}_{II}) \cdot (r) \cdot [(1) - (\underline{S}_{IV}) \cdot (r)]^{-1} \cdot (\underline{S}_{III}) \quad (12)$$

$$(\underline{U}) = [(1) - (\underline{S}_{IV}) \cdot (r)]^{-1} \cdot (\underline{S}_{III}) \quad (13)$$

können die Vektoren der Wellen \underline{B} wie folgt aus den hinlaufenden Wellen \underline{A} der mit dem Netzwerk verbundenen Tore ermittelt werden:

$$(\underline{B}_I) = (\underline{T}) \cdot (\underline{A}_I) \quad (14)$$

$$(\underline{B}_{II}) = (\underline{U}) \cdot (\underline{A}_I) \quad (15)$$

Nunmehr kann das Leistungsverhältnis $P_{M+1}/P_{Ant} = G(\varphi, \underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_N, \tau_{N+1}, \dots, \tau_M)$ durch die Welle \underline{B}_{M+1} am entfernten Empfangsdipol und die Summe der über die Tore 1 bis N zugeführten Wellen wie folgt berechnet werden:

$$\frac{P_{M+1}}{P_{Ant}}(\varphi, \underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_N, \tau_{N+1}, \dots, \tau_M) = \frac{|\underline{B}_{(M+1)}|^2}{\sum_{i=1}^N (|\underline{A}_i|^2 - |\underline{B}_i|^2)} \quad (16)$$

Die Summe der zugeführten Leistungen errechnet sich somit aus den Wellen \underline{A}_1 bis \underline{A}_N und \underline{B}_1 bis \underline{B}_N .

$$G = \frac{P_{M+1}}{P_{Ant}} = \frac{\sum_{i=1}^N |\underline{U}_{(M+1)i}|^2 \cdot |\underline{A}_i|^2}{\sum_{i=1}^N \left(|\underline{A}_i|^2 - \left| \sum_{j=1}^N \underline{T}_{ij} \underline{A}_j \right|^2 \right)} \quad (17)$$

Hierin sind die Matrixelemente (\underline{U}) und (\underline{T}) vom Azimutwinkel und den Reflexionsfaktoren $\tau_{N+1} \dots \tau_M$ abhängig. Mit jedem Wertesatz für die Wellen $\underline{A}_1 \dots \underline{A}_N$ bzw. $\tau_{N+1}, \dots, \tau_M$ ergibt sich somit ein bestimmtes $G(\varphi, \underline{A}_1, \underline{A}_2, \dots, \underline{A}_N, \tau_{N+1}, \dots, \tau_M)$.

3. Gestaltung des Speisernetzwerks

Durch Kenntnis der optimalen Reflexionsfaktoren $\tau_{N+1} \dots \tau_M$ können die Tore $N + 1$ bis M mit entsprechenden Impedanzen, zumeist Blindwiderständen, beschaltet werden. Mit Hilfe der Gleichung 14

$$(\underline{B}_I) = (\underline{T}) \cdot (\underline{A}_I)$$

liegen die rücklaufenden Wellen \underline{B} an den gespeisten Toren 1 bis N fest. Die komplexen Verhältnisse $\underline{A}_1/\underline{B}_1$ bis $\underline{A}_N/\underline{B}_N$ lassen die Berechnung von Impedanzen zu, die das Speisernetzwerk 17 an seinen Toren $T1$ bis TN , realisiert durch das Strahlernetzwerk 18, sieht (s. Fig. 6). Gestaltet man das Speisernetzwerk 17 beispielhaft als ein an einem Knotenpunkt parallel verzweigendes Netzwerk an der Antennenanschlußstelle am Tor $N + 1$, so

kann durch entsprechend bemessene transformatorische und laufzeitbehaftete Elemente zwischen dem Knotenpunkt und den jeweiligen Toren sichergestellt werden, daß bei Belastung der Tore mit den, den Reflexionsfaktoren entsprechenden Impedanzen, die Wellen \underline{A}_1 bis \underline{A}_N und \underline{B}_1 bis \underline{B}_N nach Betrag und Phase durch Variationsrechnung den unter Punkt 2 ermittelten Werten entsprechen.

5 Ansprüche:

1. Gruppenantenne aus zwei oder mehr Einzelstrahlern, die auf der Außenhaut eines Kraftfahrzeuges angebracht sind und von denen mindestens einer ein primärer Strahler ist, für
10 Funkverbindungen mit terrestrischen Funkstellen, mit einem Speisenetzwerk, das den oder die primären Strahler mit einer Antennenanschlußstelle verbindet,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
zur Erzielung eines gewünschten Richtdiagramms Impedanzen
15 entweder an ausgesuchten Stellen der Strahler in diese eingefügt sind und/oder an den Verbindungsstellen des bzw. der primären Strahler mit dem Speisenetzwerk und/oder an ausgesuchten Stellen des Speisenetzwerkes eingefügt sind.

20 2. Gruppenantenne nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
daß zumindest einzelne Strahler der Gruppenantenne ganz oder teilweise auf nichtleitenden Flächen der Außenhaut des Kraftfahrzeuges angebracht sind.

25 3. Gruppenantenne nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
ganz oder teilweise auf nichtleitenden Flächen angebrachte Einzelstrahler Stabantennen sind, die ein leitendes auf oder in
30 der nichtleitenden Fläche angebrachtes netzförmiges elektrisches Gegengewicht besitzen, in welches ebenfalls solche Impedanzen eingefügt sind.

35 4. Gruppenantenne nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
ganz oder teilweise auf nichtleitenden Flächen angebrachte Einzelstrahler aus auf oder in der nichtleitenden Fläche liegenden Leitern bestehen und daß in deren Verbindung mit einem

leitenden Karosserieteil ebenfalls solche Impedanzen eingefügt sind.

5. Gruppenantenne nach Anspruch 3,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das netzförmige elektrische Gegengewicht über solche Impedanzen mit weiteren auf oder in der nicht leitenden Fläche liegenden leitenden Strukturen verbunden ist.

10 6. Verfahren zur meßtechnischen Ermittlung der bei einer Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5 einzufügenden Impedanzen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

- 15 a) an den vorgesehenen Einfügungsstellen jeweils eine Anschlußstelle (Tor) gebildet wird,
- b) diese Tore als Tore eines Strahlernetzwerkes angesehen werden und durch einen Netzwerkanalysator die Zusammenhänge zwischen den elektrischen Größen an diesen Toren nach Betrag und Phase sequentiell bei Speisung jeweils eines Tores und
- 20 wellenwiderstandsrichtigem Abschluß der übrigen Tore ermittelt werden (Strahlernetzwerk-Wellenparameter-Matrix),
- c) die Gruppenantenne einer horizontal einfallenden Empfangswelle ausgesetzt wird und durch den Netzwerkanalysator die an den wellenwiderstandsrichtig abgeschlossenen Toren durch
- 25 diese Welle hervorgerufenen Erregungen für alle Azimutwinkelrichtungen nach Betrag und Phase erfaßt werden (Erregungsmatrix für alle Azimutwinkel),
- d) daß unter Zugrundelegung der ermittelten Matrix-Werte durch Variationsrechnung die für die Erzielung des gewünschten
- 30 Richtdiagramms günstigen Amplituden und Phasenwerte an den einzelnen Toren ermittelt werden, woraus sich die jeweils einzufügenden Impedanzen ergeben.

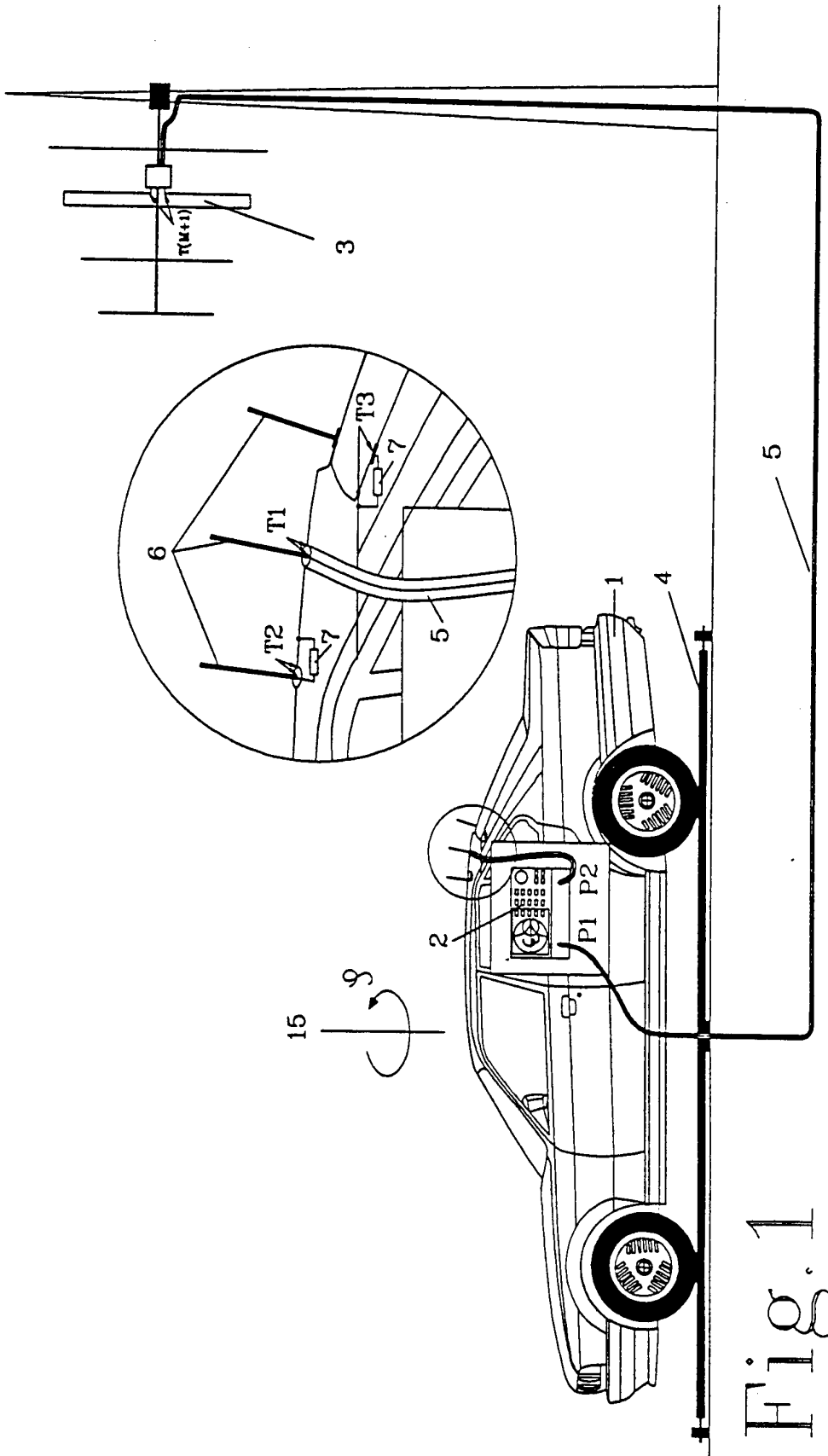


Fig. 1

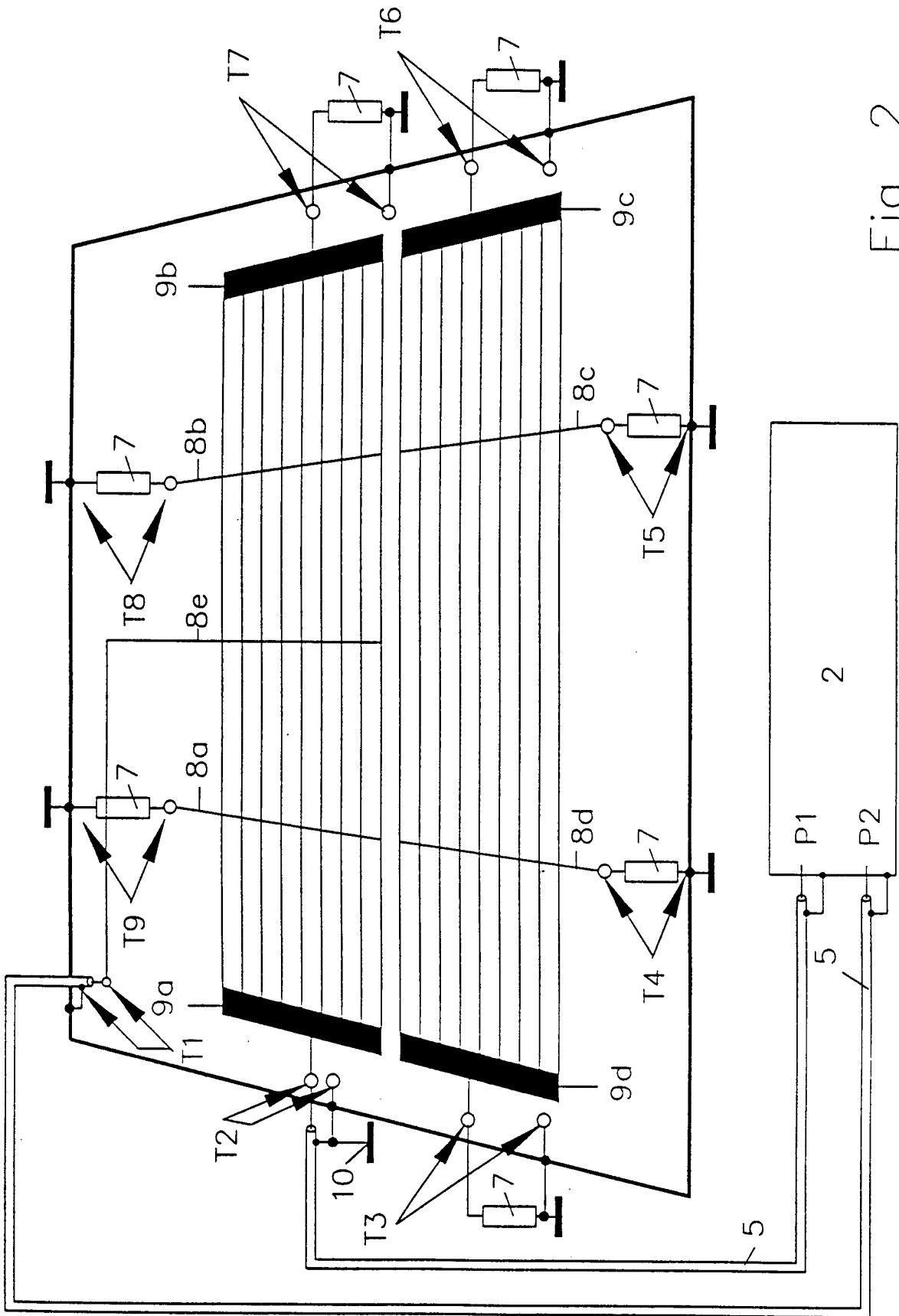


Fig. 2

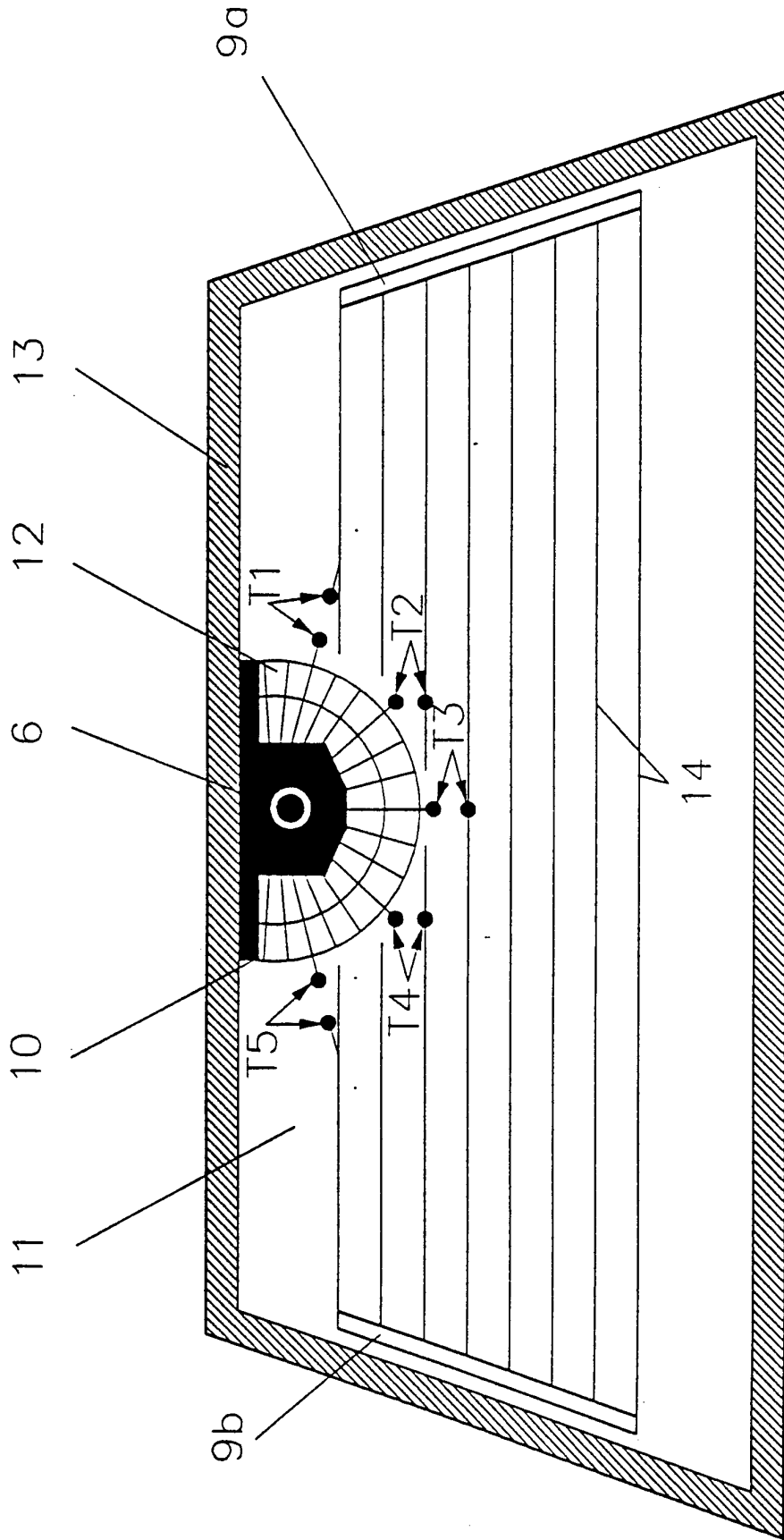


Fig.3

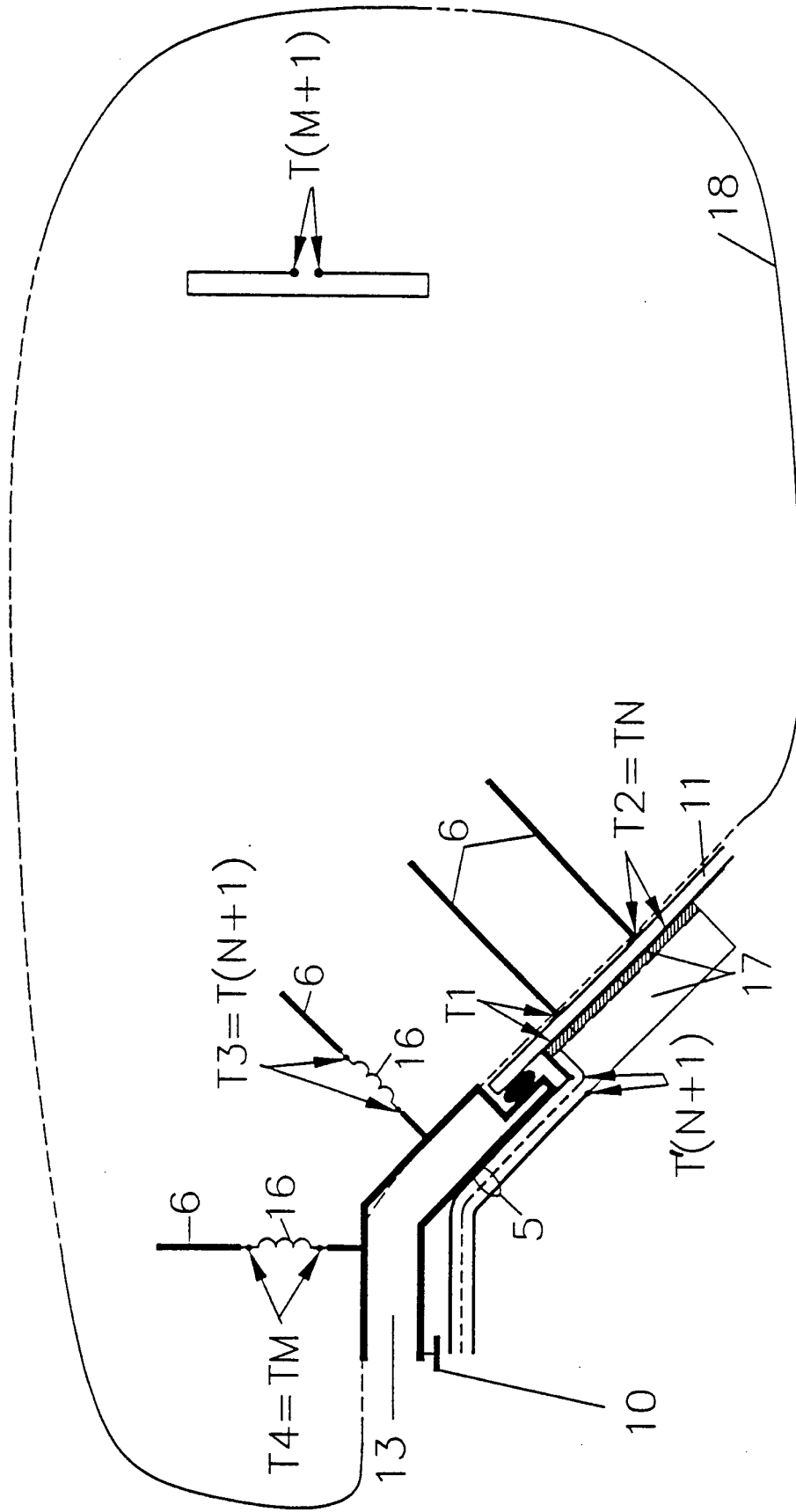


Fig.5

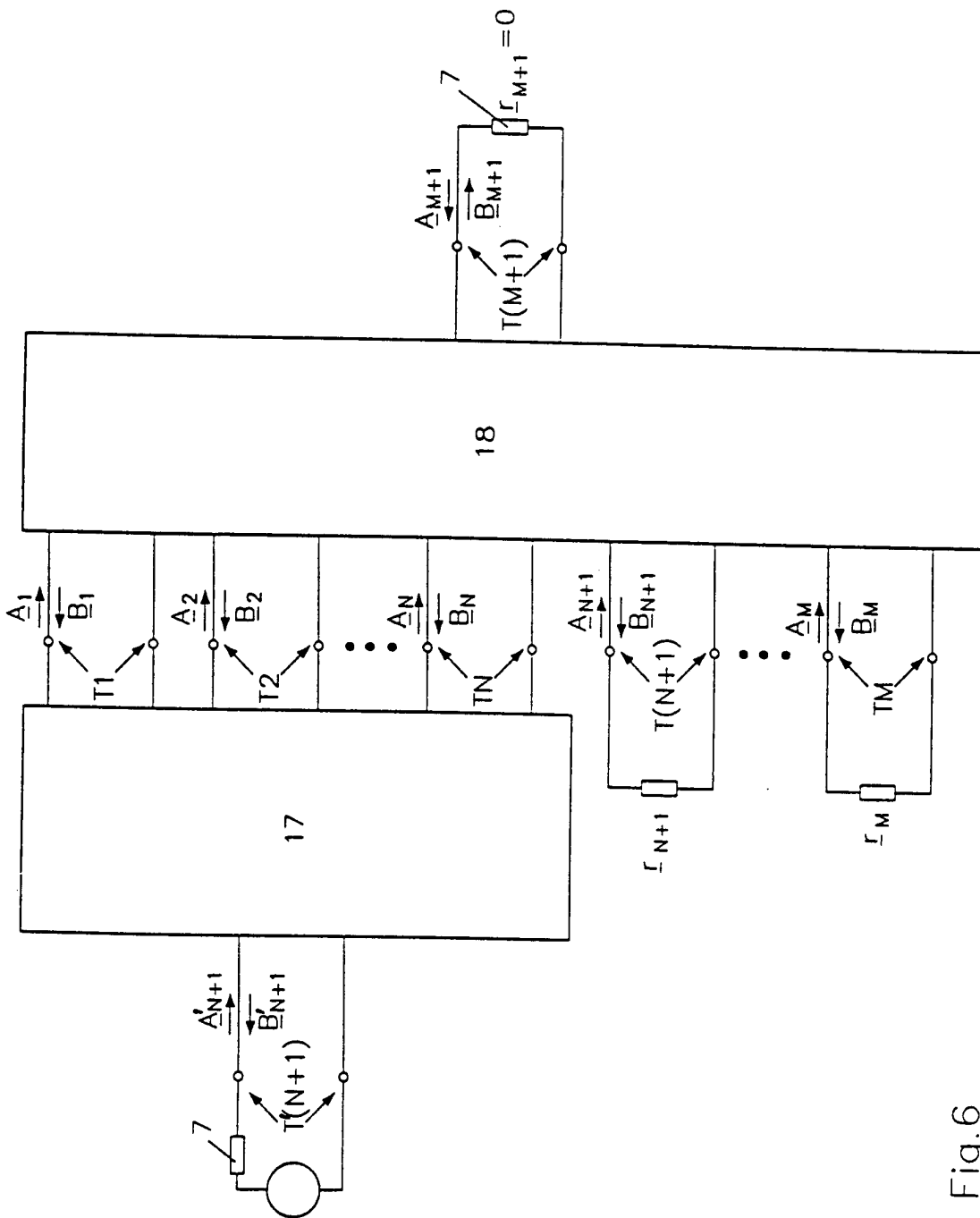


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No
PCT/DE 95/00263

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01Q1/12 H01Q1/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01Q G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	WO,A,94 29926 (FUBA HANS KOLBE) 22 December 1994 see page 9, line 14 - page 11, line 25; claims 1,4,12-14,21,22 ---	1-6
A	DE,A,40 34 548 (LINDENMEIER) 7 May 1992 see column 2, line 50 - column 3, line 42; figure Z2 ---	1-5
A	US,A,5 285 048 (NAKASE) 8 February 1994 see column 4, line 35 - line 57; figure 5 -----	1-5

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 June 1995

Date of mailing of the international search report

28.06.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angrabeit, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern. Application No

PCT/DE 95/00263

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9429926	22-12-94	DE-A- 4318869	08-12-94

DE-A-4034548	07-05-92	DE-A- 3914424	13-12-90
		EP-A- 0396033	07-11-90
		US-A- 5097270	17-03-92
		US-A- 5266960	30-11-93

US-A-5285048	08-02-94	JP-A- 4249407	04-09-92

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen
PCT/DE 95/00263

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 H01Q1/12 H01Q1/32		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 H01Q G01R		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	WO,A,94 29926 (FUBA HANS KOLBE) 22.Dezember 1994 siehe Seite 9, Zeile 14 - Seite 11, Zeile 25; Ansprüche 1,4,12-14,21,22 ---	1-6
A	DE,A,40 34 548 (LINDENMEIER) 7.Mai 1992 siehe Spalte 2, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 42; Abbildung Z2 ---	1-5
A	US,A,5 285 048 (NAKASE) 8.Februar 1994 siehe Spalte 4, Zeile 35 - Zeile 57; Abbildung 5 -----	1-5
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist	
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 15.Juni 1995		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 28.06.95
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Angrabeit, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 95/00263

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9429926	22-12-94	DE-A- 4318869	08-12-94

DE-A-4034548	07-05-92	DE-A- 3914424	13-12-90
		EP-A- 0396033	07-11-90
		US-A- 5097270	17-03-92
		US-A- 5266960	30-11-93

US-A-5285048	08-02-94	JP-A- 4249407	04-09-92
